

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-326862

(43)Date of publication of application : 10.12.1996

(51)Int.Cl.

F16H 15/38

C22C 38/00

C22C 38/04

(21)Application number : 07-132314

(71)Applicant : DAIDO STEEL CO LTD
NISSAN MOTOR CO LTD

(22)Date of filing : 30.05.1995

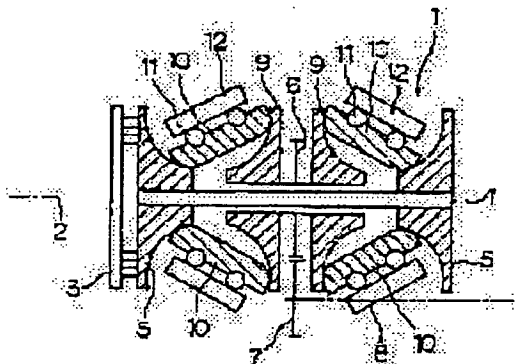
(72)Inventor : NAKAMURA SADAYUKI
URITA TATSUMI
FUSHIMI SHINJI
MATSUMOTO TAKASHI
UMEGAKI SHUNZO
TANI IKUO

(54) ROLLING ELEMENT FOR TROIDAL TYPE CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION AND MANUFACTURE THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a rolling element productively and inexpensively for a troidal type continuously variable transmission excellent in remedy for rolling fatigue characteristics.

CONSTITUTION: A steel as a rough material contains the following elements by weight percent: 0.50-0.80% C, 0.50-2.00% Mn, 0.040% or less P, and 0.040% or less S, and optionally 0.25-3.00% Si, 0.05-0.50% V, and 2.00% or less Cr, and Fe as a balance and impurities. The steel is deformed into a rolling element-shape and subjected to high frequency wave quenching, so that a rolling element for a troidal type continuously variable transmission (an input disk 5, an output-disk 9, and a power roller 10) excellent in remedy for rolling fatigue characteristics can be manufactured with good productivity and at low cost.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.05.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

Copied from 10828622 on 08/04/2005

(2)

特開平8-326862

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼で成形されていることを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項2】 鋼中にSi:0.25~3.00重量%を含む鋼で成形されていることを特徴とする請求項1に記載のトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項3】 鋼中にV:0.05~0.50重量%を含む鋼で成形されていることを特徴とする請求項1または2に記載のトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項4】 鋼中にCr:2.00重量%以下を含む鋼で成形されていることを特徴とする請求項1ないし3のいずれかに記載のトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項5】 高周波焼入れ処理による硬化層が形成されていることを特徴とする請求項1ないし4のいずれかに記載のトロイダル式無段変速機用転動体。

【請求項6】 C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材として転動体形状に成形したのち高周波焼入れ処理を施すことを特徴とするトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項7】 鋼中にSi:0.25~3.00重量%を含む鋼を素材として転動体形状に成形することを特徴とする請求項6に記載のトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項8】 鋼中にV:0.05~0.50重量%を含む鋼を素材として転動体形状に成形することを特徴とする請求項6または7に記載のトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【請求項9】 鋼中にCr:2.00重量%以下を含む鋼を素材として転動体形状に成形することを特徴とする請求項6ないし8のいずれかに記載のトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自動車などの車両や回転動力源等において、無段変速機として使用可能なトロイダル式（転がり式）無段変速機に関し、とくに、トロイダル式無段変速機を構成する転動体およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】変速機としては、歯車式のものが従来より多方面でかつ大量に用いられ、歯車を成形するための歯車用鋼として、JIS G 4051~4202に制定された機械構造用炭素鋼・合金鋼のうち、例えば、クロム鋼であるSCr420や、クロムモリブデン鋼であるSCM420などの低合金鋼が用いられ、このような

2

機械構造用鋼を素材として歯車形状に成形したのち浸炭あるいは窒化などの表面硬化処理を施して使われてきた。

【0003】しかし、従来の歯車式有段変速機は、段階的な変速であるため、動力伝達にロスが生じたり変速ショックが発生したりするという欠点があった。

【0004】一方、無段変速機は、変速ショックがなく、動力伝達性に優れていることから、実用化が種々検討され、一部の乗用車には実用化されている（「新型車解説書NISSAN マーチ」平成4年1月 日産自動車株式会社 編集発行 C-9頁~C-48頁）。

【0005】無段変速機は大きく分けて、ベルトとブリーを組み合わせたベルトドライブ方式と転動体を用いたトラクションドライブ方式とがある。前者は、伝達動力の小さい場合について既に用いられている。トロイダル式（転がり式）は後者の一つであり、高負力に対応できる機構を有し、例えば、図1に示すように、潤滑油を介して接触する金属製転動体を用いた構造を有するものであって、このトロイダル式無段変速機1は、入力軸2に接続したローディングカム3および追従輪4を介して一体で回転する入力ディスク5、5を備えていると共に、歯車6、7を介して出力軸8を回転させる出力ディスク9、9をそなえ、入力ディスク5、5と出力ディスク9、9との間にパワーローラー10、10、10、10を設け、各パワーローラー10はボールベアリング11を介して各々支持体12により支持された構造を有するものである。

【0006】そして、このトロイダル式無段変速機1では、入力ディスク5と出力ディスク9との間で挟まれたパワーローラー10の傾きを変化させ、入出力ディスク5、9の相対回転速度を変えて変速しつつ、入力軸2から出力軸8へと動力を伝達する仕組みになっている（特開平1-229158号公報など）。

【0007】このような無段変速機においては、大きな動力を伝達するため、トロイダル式無段変速機1の転動体（入出力ディスク5、9、パワーローラー10）は、高面圧下での転動疲労寿命に優れる高い表面硬度と深い硬化層深さを得ることができるといった材料と製造方法が要求される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のトロイダル式無段変速機用転動体においては、高面圧下での転動疲労寿命をもたせるため、従来の浸炭用鋼を用い、長時間に渡る浸炭焼入れ焼もどし処理を行っている（例えば、特開平7-71555号等）。そのため、生産性が非常に低く、コストアップを招いてしまうという問題点があった。

【0009】また、深い硬化層を得る処理においては、表面近傍に粒界酸化層が深くまで成長してしまうことから、粒界酸化層を起点とした割れが発生しやすくなると

(3)

特開平 8-326862

いう問題点があった。

【0010】一方、硬化層が薄い場合には、高い面圧により陥没してしまい、転動面に剥離が生じ、逆に、硬化層が深すぎる場合、肉厚の薄い部分にあっては、内部まで硬化されているため、曲げ応力による割れが発生しやすくなるという問題点があった。また、表面硬さが低い場合、転動体表面が変形してしまうことがあるという問題点があった。さらに、転動体は、摩擦および繰返し応力による発熱を受けることから、軟化しやすいという問題点があった。

【0011】

【発明の目的】本発明は、このような従来の問題点に着目してなされ、転動疲労寿命に優れたトroidal式無段変速機用転動体およびその製造方法を提供することを目的としてなされたものであって、従来のような浸炭による粒界酸化の発生を防止し、粒界酸化層を起点とした割れが生じないようにすると共に、短時間で深い硬化層を得ることができる高周波焼入れを適用し、摩擦熱による軟化を防止するための合金設計を行うことによって、転動疲労特性に優れたトroidal式無段変速機用転動体を生産性良く低コストで提供できるようにすることを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明に係わるトroidal式無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼で成形されている構成としたことを特徴としている。

【0013】そして、本発明に係わるトroidal式無段変速機用転動体は、請求項2に記載しているように、鋼中にSi:0.25~3.00重量%を含む鋼で成形されているものとし、請求項3に記載しているように、鋼中にV:0.05~0.50重量%を含む鋼で成形されているものとし、請求項4に記載しているように、鋼中にCr:2.00重量%以下を含む鋼で成形されているものとし、請求項5に記載しているように、請求項1ないし4のいずれかに記載のトroidal式無段変速機用転動体において高周波焼入れ処理による表面硬化層が形成されているものとする事が可能である。

【0014】また、本発明に係わるトroidal式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項6に記載しているように、C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材として転動体形状に成形したのち高周波焼入れ処理を施すようにした構成としたことを特徴としている。

10 ことができる。

【0016】

【発明の作用】本発明に係わるトroidal式無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼で成形されている構成としたことを特徴とするものであり、本発明に係わるトroidal式無段変速機用転動体の製造方法は、請求項6に記載しているように、C:0.50~0.80重量%、Mn:0.50~2.00重量%、P:0.040重量%以下、S:0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材として転動体形状に成形したのち高周波焼入れ処理を施す構成としたことを特徴とするものであるが、ここにおける各成分の作用および含有量の限定理由は次に示すとおりである。

【0017】C:0.50~0.80重量%

C(炭素)は、転動体の強度を十分良好なものとする作用をする元素であり、とくに、高周波焼入れ後において転動体の強度を十分なものに保持するために必須の元素である。そして、高周波焼入れ後の表面硬度を維持するためには0.50重量%以上含有させることが必要である。

【0018】しかし、Cの含有量がFe-C系相図における0.80重量%の共析点を超えて含有させるとむしろ表面硬度が低下し、強度向上の劣化を招くこととなる。また、初析セメンタイトが生成して韌性を損うばかりでなく、素材状態における材料硬度を高め、切削性を低下させて、転動体への成形性を悪化させるなどの弊害をもたらすこととなるので、C含有量の上限を0.80重量%とする。

【0019】Mn:0.50~2.00重量%

Mn(マンガン)は、鋼溶製時の脱酸剤・脱硫剤として作用すると共に、鋼の熱間加工性を向上し、焼入れ性を良好なものとする作用を有する元素であるので、このような熱間加工性の向上および良好な焼入れ性の確保のために0.50重量%以上含有させる。

【0020】しかし、過剰に含有させると素材の切削性を劣化させ、転動体への成形性を悪化させるなどの弊害をもたらすこととなるので、Mn含有量の上限を2.0

50

(4)

特開平 8-326862

5

0 重量%とする。

【0021】P: 0.040 重量%以下

P (磷) は、鋼の靱性を低下させるので、0.040 重量%以下に制限する。

【0022】S: 0.040 重量%以下

S (硫黄) は、鋼の加工性や靱性を低下させる作用を有しているため、0.040 重量%以下に制限する。

【0023】Fe: 残部

Fe (鉄) は、高強度・高靱性の転動体を安価に得るためのマトリックス成分として有用な元素であるので残部 10

【0024】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体およびその製造方法では、さらに、鋼中に次の成分を含有させたものとすることができる。

【0025】Si: 0.25~3.00 重量%

Si (ケイ素) は、鋼溶製時の脱酸剤として作用すると共に、鋼の焼戻し軟化抵抗を増大させる作用を有する元素であり、このような作用・効果を十分に発揮させるためには 0.25 重量%以上含有させることが必要である。しかし、過剰に含有させてもその効果が飽和するのみならず、鍛造性および板割性を損なうなどの不具合をもたらすので、Si 含有量の上限は 3.00 重量%とするのがよく、請求項 2、7 に記載しているように、鋼中に Si: 0.25~3.00 重量%含有させたものとする 20

【0026】V: 0.05~0.50 重量%

V (バナジウム) は、鋼の結晶粒界を微細化する作用を有し、強度および靱性の向上に寄与する元素であると共に、転動疲労によって短寿命で破壊を生じる現象を阻止するのに有効な元素であるので、このような作用・効果を得るためには 0.05 重量%以上含有させることが必要である。しかし、過剰に含有させてもその効果は飽和するので、V 含有量の上限は 0.50 重量%とするのがよく、請求項 3、8 に記載しているように、鋼中に V: 0.05~0.50 重量%含有させたものとする 30

【0027】Cr: 2.00 重量%以下

Cr (クロム) は、鋼の焼入れ性を向上し、焼戻し軟化抵抗を増大させる作用を有しているため、このような作用を有する Cr を含有させることもできる。しかし、過剰に含有させてもその効果は飽和するので、Cr 含有量の上限は 2.00 重量%とするのがよく、請求項 4、9 に記載しているように、鋼中に Cr: 2.00 重量%以下含有させたものとする 40

【0028】そして、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体では、請求項 5 に記載しているように、高周波焼入れ処理による硬化層が形成されているものとしており、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法では、請求項 6 に記載しているように、上記成分組成の鋼を素材として転動体形状に成形したの 50

6

ち高周波焼入れ処理を施すようにしているが、この高周波焼入れ処理における誘電体 (コイル) 形状、電力、周波数、加熱速度、加熱温度、加熱時間、冷却方法および冷却剤、ならびにその後の焼もどし方法等は適宜に選定することが可能である。

【0029】かくして、浸炭処理による粒界酸化の防止をはかると共に、短時間で深い硬化層が得られる高周波焼入れを適用し、厚焼戻による軟化を防止するための合金設計をすることにより、転動疲労特性に優れたトロイダル式無段変速機用転動体が生産性良く低コストで提供されることとなる。

【0030】

【実施例】図 1 に示した構造のトロイダル式無段変速機 1 の構成部品である入力ディスク 5、出力ディスク 9 およびパワーローラー 10 よりなる金属製転動体を製造するに際し、表 1 の実施例 4 に示す化学成分の鋼を素材として使用した。

【0031】そして、実施例 4 の鋼を素材としてそれぞれの転動体形状に機械加工を行って成形すると共に、転動疲労寿命試験のために用いるローラーピッチング試験片形状に機械加工を行って成形した。

【0032】次いで、各転動体形状品およびローラーピッチング試験片形状品に対して表 3 に示す高周波焼入れ条件で高周波焼入れを實施し、その後 170℃×2 時間の焼もどし処理を施して、研磨による仕上げ加工を行った。

【0033】なお、表 3 に示す高周波焼入れ条件において、ディスク A 面とは、図 2 に示す入力ディスク 5 および出力ディスク 9 における裏面および穴面側の面であり、ディスク B 面とは、同じく図 2 における転動面側の面である。また、パワーローラー A 面とは、図 3 に示すパワーローラー 10 における裏面および穴面側の面であり、パワーローラー B 面とは、同じく図 3 における転動面側の面である。そして、高周波焼入れに際しては、先ず、A 面 (裏面および穴面) に合わせた形状のコイルで加熱焼入れし、次いで、B 面 (転動面) を焼入れするという 2 回に分けた焼入れ工法とした。そして、B 面を焼入れするときには、A 面が該導加熱の伝導熱で焼なましされないように十分に冷却を行った。

【0034】このようにして、高周波焼入れ・焼もどし処理を實施した後において、ディスク 5、9 の断面における硬度分布を測定したところ、図 4 に示す結果であった。この場合、測定位置は、図 4 の矢印方向とし、この矢印方向における表面からの距離と硬度との関係を図 4 に示した。

【0035】また、高周波焼入れ・焼もどし処理を實施した後におけるディスク 5、9 の表面硬度 (HV) および () 内に示す有効硬化層深さ (mm) は、図 5 に示す結果であり、同じく、パワーローラー 10 の表面硬度 (HV) および () 内に示す有効硬化層深さ (mm)

(5)

特開平8-326862

7

は、図6に示す結果であった。

【0036】次に、前記実施例4の鋼を用いた場合と同様に、実施例1～3、5～7および比較例2～9の鋼を素材としてそれぞれの転動体形状に機械加工により成形すると共にローラーピッチング試験片形状に機械加工により成形し、表3に示す高周波焼入れ条件で高周波焼入れを実施し、その後170℃×2時間の焼もどし処理を施して、研磨による仕上げ加工を行った。

【0037】また、比較例1の組成よりなる浸炭用鋼（SCM420H鋼）を素材として転動体形状およびローラーピッチング試験片形状に成形したのち、40時間の浸炭および並放焼入れを施して、研磨による仕上げ加工を行った。

【0038】このようにして得た実施例1～7および比較例1～9の転動体について、表面硬化処理後の表面硬度（HV）、300℃×1時間焼もどし後の表面焼もどし硬度、最大せん断応力発生位置（表面下0.8mm）の硬度、内部硬さおよび有効硬化層深さを調べたところ、

*る、表4および表5に示す結果であった。

【0039】また、図7に示すように、小ローラー21aをそなえたローラーピッチング試験片21の小ローラー21aと大ローラー21とを転動させ、大ローラー21に荷重を加えて表6に示す条件でローラーピッチング試験を行い、表面剥離が発生するまでの寿命を測定した。この結果を表8のローラーピッチング試験寿命の欄に示す。

【0040】さらに、各転動体を図1に示したユニットに組み込んで、表7に示す条件で実機耐久試験を行い、表面剥離が発生するまでの寿命を測定した。この結果を表8の実機試験寿命の欄に示す。

【0041】さらに、各転動体への加工性を評価するために、表9に示す旋削試験条件で旋削試験を行ったところ、表10に示す被削性特性の結果が得られた。

【0042】

【表1】

区分	化学成分（重量％）								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Feおよび不純物
実施例1	0.55	0.28	0.87	0.020	0.020	0.15	0.01	0.01	残
実施例2	0.56	1.00	0.75	0.021	0.020	0.06	0.01	0.01	残
実施例3	0.55	0.25	0.75	0.020	0.018	—	0.01	0.10	残
実施例4	0.69	0.25	0.76	0.020	0.020	—	0.01	—	残
実施例5	0.70	1.01	0.74	0.020	0.020	—	0.01	—	残
実施例6	0.68	0.25	0.75	0.021	0.018	—	0.01	0.10	残
実施例7	0.78	1.01	0.74	0.020	0.018	—	0.01	—	残

【0043】

【表2】

区分	化学成分 (重量%)								
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Feおよび不純物
比較例1	0.21	0.25	0.80	0.020	0.017	1.10	0.15	—	残
比較例2	0.53	0.24	0.75	0.020	0.017	—	—	—	残
比較例3	0.82	0.25	0.75	0.020	0.018	—	—	—	残
比較例4	0.55	0.23	0.75	0.021	0.018	—	—	—	残
比較例5	0.55	3.05	0.73	0.020	0.018	—	—	—	残
比較例6	0.80	0.25	0.48	0.020	0.017	—	—	—	残
比較例7	0.80	0.25	2.05	0.020	0.017	—	—	—	残
比較例8	0.80	0.25	0.75	0.020	0.017	—	—	0.04	残
比較例9	0.80	0.25	0.75	0.020	0.017	—	—	0.52	残

[0044]

* * [表3]

高周波焼入れ条件			
部 位	電 力 (kW)	周 波 数 (Hz)	加 熱 時 間 (s)
ディスク A 面	150	30	30
ディスク B 面	150	30	10
パワーローラー A 面	150	30	14
パワーローラー B 面	150	30	5
パワーローラーピッチング試験片	150	10	4
備考	冷却水はすべて3%ソルブル液の噴水		

[0045]

[表4]

本発明実施例および比較例の硬さ特性					
区分	表面硬度 (HV)	表面焼もどし (300℃×1h) 硬度 (HV)	最大せん断応力 発生位置 硬度 (HV)	内部硬さ (HV)	有効硬化層 深さ (mm)
実施例 1	755	580	755	250	3.0
実施例 2	755	650	755	275	3.0
実施例 3	755	648	755	250	3.0
実施例 4	786	600	780	300	3.2
実施例 5	790	655	782	310	3.2
実施例 6	787	650	781	300	3.2
実施例 7	792	670	790	280	3.1

{0046}

{表5}

本発明実施例および比較例の硬さ特性					
区分	表面硬度 (HV)	表面焼もどし (300℃×1h) 硬度 (HV)	最大せん断応力 発生位置硬度 (HV)	内部硬さ (HV)	有効硬化層 深さ (mm)
比較例1	730	650	750	350	2.8
比較例2	700	535	700	200	3.0
比較例3	793	650	792	300	3.0
比較例4	756	520	750	248	3.0
比較例5	755	651	750	239	3.0
比較例6	795	650	792	260	2.8
比較例7	797	652	795	261	3.3
比較例8	796	651	796	260	3.0
比較例9	795	650	795	261	3.0

[0047]

[図6]

ローラーピッチング試験条件	
接触面圧	5.7 GPa
最大剪断発生応力深さ	0.5 mm
すべり率	0 %
回転数	1000 rpm
油温	110 °C

【0048】

* * 【表7】

実機耐久試験条件	
接触面圧 Pmax	3.8 GPa
最大剪断応力深さ	0.8 mm
すべり率	0 %
潤滑油	トラクションオイル
潤滑油温度	80 °C

【0049】

【表8】

本発明実施例および比較例の寿命特性		
区分	ローラーピッチング試験寿命 (回)	実機試験寿命 (回)
実施例 1	7.0×10^6	1.2×10^7
実施例 2	9.3×10^6	3.8×10^7
実施例 3	9.2×10^6	3.2×10^7
実施例 4	3.3×10^7	6.5×10^7
実施例 5	5.6×10^7	7.9×10^7
実施例 6	5.5×10^7	7.7×10^7
実施例 7	6.1×10^7	7.7×10^7
比較例 1	1×10^6	2.9×10^6
比較例 2	8.3×10^5	1×10^6
比較例 3	6.0×10^7	7.6×10^7
比較例 4	5.1×10^5	8.5×10^5
比較例 5	6.2×10^7	7.6×10^7
比較例 6	3.5×10^6	4.7×10^6
比較例 7	6.1×10^7	7.3×10^7
比較例 8	5.3×10^6	7.8×10^6
比較例 9	6.5×10^7	7.2×10^7

[0050]

* * [表9]

旋削試験条件	
切削速度	150 m / min
切込み	1.5 mm
送り	0.5 mm / rev
切削距離	3 km
工具材質	超硬 + TiNコーティング
切削液	乾式
被削材熱処理	焼ならし

[0051]

50 [表10]

本発明実施例および比較例の被削性特性	
区分	逃げ面摩耗量 (mm)
実施例 1	0.17
実施例 2	0.19
実施例 3	0.16
実施例 4	0.17
実施例 5	0.19
実施例 6	0.16
実施例 7	0.19
比較例 1	0.11
比較例 2	0.13
比較例 3	0.23
比較例 4	0.16
比較例 5	0.22
比較例 6	0.16
比較例 7	0.22
比較例 8	0.19
比較例 9	0.18

【0052】表4および表5に示すように、実施例1～7の内部硬さは、比較例1（浸炭用鋼を素材としたもの）の内部硬さに比較して、実施例1～3では約HV100程度、実施例4～7では約HV50程度低いほかは、すべてにおいて同等であるかむしろそれを上回っている。すなわち、表面での硬さが大であると共に内部での硬さが適度にやわらかいものとなっており、表8に示すように寿命特性が良好であると共に、表10に示すように被削性も良好なものとなっていた。

【0053】これに対して、比較例2の場合には、鋼中のC含有量が少なすぎるため、表5に示すように表面、内部および300℃焼もどしの硬さが低いものとなっており、表10に示すように被削性は良好であるものの、表8に示すように寿命特性に劣るものとなっていた。

【0054】また、比較例3の場合には、鋼中のC含有量が多すぎるため、表5に示すように硬さ特性は良好でありかつまた表8に示すように寿命特性は良好であるものの、表10に示すように被削性が劣っており、旋削性が約35%低下しているため量産の面で問題が発生した。

【0055】さらに、比較例4の場合には、Si含有量が少なすぎるため、表5に示すように300℃焼もどし硬

さが低く、表8に示すように耐久寿命は低下したものとなっていた。

【0056】また、比較例5の場合は、Si含有量が多すぎるため、硬さ特性や寿命特性は良好であるものの、表10に示すように被削性に劣ったものとなっており、旋削性が約30%低下しているため量産の面で問題が発生した。

【0057】さらに、比較例6の場合は、Mn含有量が少なすぎるため、表5に示すように有効硬化層深さがやや浅めであり、表8に示すように耐久寿命が劣ったものとなっていた。

【0058】また、比較例7の場合には、Mn含有量が多すぎるため、硬さ特性や寿命特性には優れているものの、表10に示すように被削性が劣ったものとなっており、旋削性が約25%低下していて、量産性の面で問題があった。

【0059】さらにまた、比較例8の場合は、V含有量が少なすぎるため、硬さの点では問題はないものの、旧オーステナイト結晶粒度がJIS Gc5.0と大きいため、表8に示すように寿命特性は低下したものとなっていた。

【0060】さらにまた、比較例9の場合は、V含有量

が多すぎるため、硬さや耐久寿命は良好なものとなるものの、材料コストが約30%高くなるため、コストの上昇に見合う特性を得るようにする場合に問題があった。

【0061】このように、短時間で深い硬化層を得ることができる高周波焼入れを適用し、かつまた、高周波焼入れであっても硬化層パターンおよび各部の硬度、硬化層深さが浸炭焼入れ品と同等かそれ以上のものを得ることができる合金設計としたため、ローラーピッチング試験寿命および実機耐久寿命とも長時間浸炭焼入れ品に比べて著しく耐久寿命が向上するという良好なる結果を得ることが可能であった。

【0062】そして、従来の浸炭焼入れ品に比べて、熱処理コストを1/3～1/4程度、また、浸炭+高周波焼入れ品に比べても、熱処理コストを約30%程度低減させることが可能であった。

【0063】

【発明の効果】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体は、請求項1に記載しているように、C：0.50～0.80重量%、Mn：0.50～2.00重量%、P：0.040重量%以下、S：0.040重量%以下を含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼で成形されている構成としたものであるから、転動疲労特性に優れたトロイダル式無段変速機用転動体を生産性良く低コストで提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0064】そして、本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の実施態様においては、請求項2に記載しているように、鋼中にSi：0.25～3.00重量%を含む鋼で成形されているものとすることによって、焼もどし軟化抵抗性を向上させることができ、焼もどし後の表面硬さの低下を防止することが可能であり、請求項3に記載しているように、鋼中にV：0.05～0.50重量%を含む鋼で成形されているものとするによって、強度および靱性をさらに向上させることが可能であり、請求項4に記載しているように、鋼中にCr：2.00重量%以下を含む鋼で成形されているものとするによって、焼入れ性を向上し、焼もどし軟化抵抗性を増大させることが可能であり、請求項5に記載しているように、高周波焼入れ処理による硬化層が形成されているものとするによって、転動疲労特性の良*

* 好なトロイダル式無段変速機用転動体を低コストで提供することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【0065】本発明に係わるトロイダル式無段変速機用転動体の製造方法によれば、請求項6に記載しているように、C：0.50～0.80重量%、Mn：0.50～2.00重量%、P：0.040重量%以下、S：0.040重量%以下を含み、さらに請求項7に記載しているように鋼中にSi：0.25～3.00重量%含み、請求項8に記載しているように鋼中にV：0.05～0.50重量%含み、請求項9に記載しているように鋼中にCr：2.00重量%以下含み、残部Feおよび不純物よりなる鋼を素材として転動体形状に成形したのち高周波焼入れ処理を施すようにしたから、転動疲労特性に優れたトロイダル式無段変速機用転動体を生産性良く低コストで製造することが可能であるという著しく優れた効果がもたらされる。

【図面の簡単な説明】

【図1】トロイダル式無段変速機の基本構成を示す断面説明図である。

【図2】入力ディスクおよび出力ディスクの高周波焼入れ面（A面、B面）を示す説明図である。

【図3】パワーローラーの高周波焼入れ面（A面、B面）を示す説明図である。

【図4】高周波焼入れ後における入・出力ディスクの表面からの距離と硬度との関係を例示するグラフである。

【図5】高周波焼入れ後における入・出力ディスクの表面硬度および有効硬化層深さ（かっこ内）を示す説明図である。

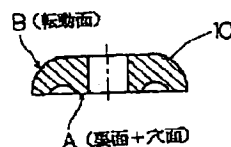
【図6】高周波焼入れ後におけるパワーローラーの表面硬度および有効硬化層深さ（かっこ内）を示す説明図である。

【図7】ローラーピッチング試験の概要を示す説明図である。

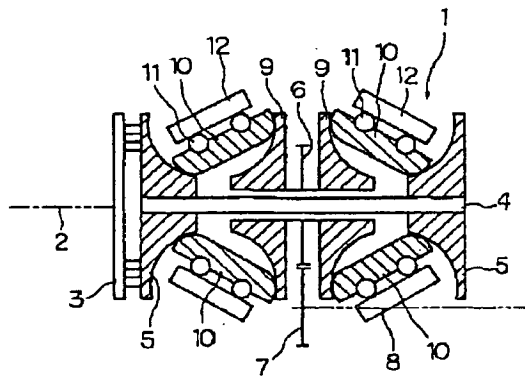
【符号の説明】

- 1 トロイダル式無段変速機
- 2 入力軸
- 5 入力ディスク
- 8 出力軸
- 9 出力ディスク
- 10 パワーローラー

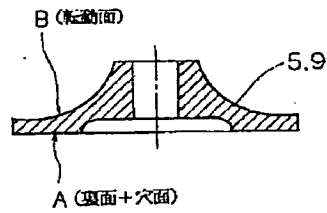
【図3】



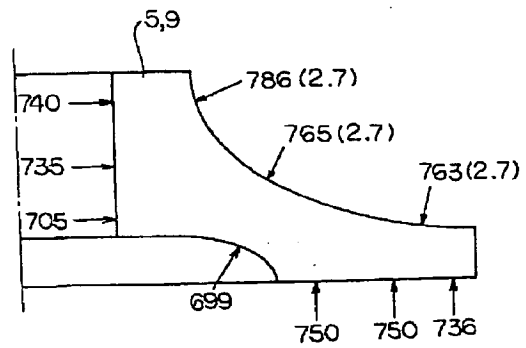
【図1】



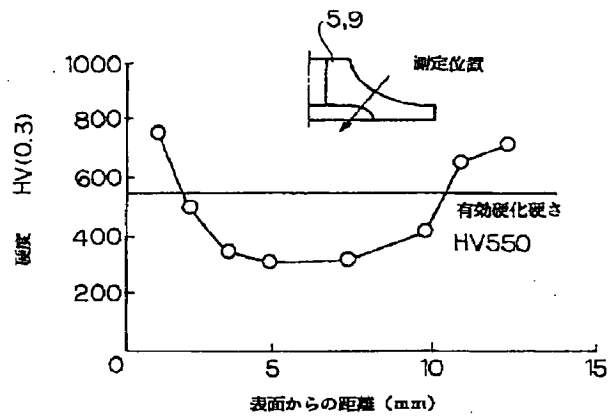
【図2】



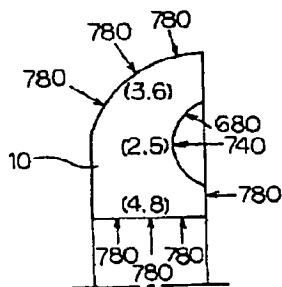
【図5】



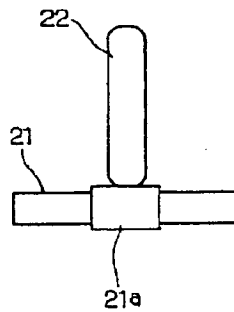
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 伏 見 慎 二
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 松 本 隆
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内

(72)発明者 梅 垣 俊 造
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 谷 意公男
神奈川県横浜市神奈川区宝町 2 番地 日産
自動車株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.